

# Theoretische Physik III: Elektrodynamik

## Übungsaufgaben: Serie ;-)

Dr. E. Fromm & Frank Löcse

15.12. - 19.12.2003

HA: 3207 / 4802

e-mail: [fromm@physik.tu-chemnitz.de](mailto:fromm@physik.tu-chemnitz.de), [f.loecse@physik.tu-chemnitz.de](mailto:f.loecse@physik.tu-chemnitz.de)

Quelle: [http://www-user.tu-chemnitz.de/~floec/Lehre/ED\\_Uebung\\_WS03\\_04/start.html](http://www-user.tu-chemnitz.de/~floec/Lehre/ED_Uebung_WS03_04/start.html)

Liebe Studentinnen und Studenten,

wir haben versucht, das bisher Gelernte zusammenzufassen (siehe unten). Formulierungshilfe haben wir uns im Internet geholt. Bitte vergessen Sie nicht, die Aufgaben zu lösen. Bleibt noch, Ihnen Frohe Weihnacht und eine Gesundes Neues Jahr zu wünschen.

Ihr

Dr. Fromm & Frank Löcse

## Aufgaben

**1 (PHYS/CSB)** Eine Krähe sitzt auf einer stromlosen Hochspannungsleitung. Nach Einschalten des Stromes, fliegt sie davon. Warum?

**2 (CSB)** Ist eine volle Festplatte schwerer, als eine leere?

**3 (PHYS)** Was würde passieren, wenn man an einem Fluggerät, das mit Lichtgeschwindigkeit fliegt, die vorderen Scheinwerfer einschaltet?

**4 (PHYS/CSB)** Wie schnell muß man an eine Kreuzung herantreiben, damit man das rote Licht einer Ampel aufgrund des Dopplereffektes als grün wahrnimmt?

**5 (PHYS/CSB)** Warum glauben einem die Leute sofort, wenn man ihnen sagt, daß es am Himmel 400 Billionen Sterne zu sehen gibt, obgleich das nicht stimmt. Wenn man ihnen aber sagt, daß die Bank frisch gestrichen ist, müssen sie unbedingt draufpatschen?

## Zusammenfassung

### Der elektrische Strom.

Der elektrische Strom ist sehr dünn. Deshalb braucht man zum Transport des elektrischen Stromes keinen Schlauch. Elektrischer Strom geht einfach durch jeden Draht, so dünn ist er. Mit Holz kann man keinen elektrischen Strom übertragen. Wahrscheinlich saugt Holz ihn auf. Mit Kunststoff ist es genauso.

Wenn elektrischer Strom gerade nicht gebraucht wird, ist er nicht dünn. Im Gegenteil, damit er nicht aus der Steckdose läuft, ist er dickflüssig. Andernfalls müßte sich auf jeder Steckdose ein Deckel oder Stopfen befinden, der das Herauslaufen des Stromes verhindert. Woher der Strom weiß, daß er gebraucht wird und dünn werden muß, ist noch unklar. Wahrscheinlich riecht er, wenn jemand mit einem Elektrogerät ins Zimmer kommt.

Strom ist nicht nur dünn, sondern auch unsichtbar. Daher sieht man nicht, ob in einem Draht gerade Strom drin ist oder nicht. Man muß den Draht anfassen. Wenn Strom drin ist, tut es weh. Das nennt man Stromschlag. Manchmal merkt man auch nichts. Entweder, weil kein Strom im Draht ist oder, weil man plötzlich tot umfällt. Das nennt man Exitus.

Strom ist sehr vielseitig. Man kann damit kochen, bohren, heizen und vieles mehr. Wenn man einen Draht mit Strom an einen anderen mit Strom hält, funkt und knallt es. Das nennt man Kurzschluß. Aber dafür gibt es Sicherungen. Die kann man dann wieder reindrehen.

Außer dem Strom im Kabel gibt es auch Strom zum Mitnehmen. Der ist in kleinen Schachteln eingepackt. Der Fachmann nennt sowas Batterie. Der Strom in der Batterie kann natürlich nicht sehen, ob er gebraucht wird oder nicht. Deshalb läuft er manchmal grundlos aus und frißt alles kaputt.

### **Zur Farbe der Elektronen.**

Elektronen, die den Strom ja bekanntlich tragen, kann eine Farbe zugewiesen werden. Man jage dazu viele Elektronen durch einen Draht, indem man beispielsweise die Stromschachtel mit dem Draht kurzschließt. Der Draht wird vom Strom durchflossen und er wird rot. Also: Elektronen sind rot!

Weil in dem Draht so ein Gedrängel herrscht wie bei C & A im Schlußverkauf, wird er natürlich auch warm.

### **Das Funkenparadoxon.**

Funken sind blau. Funken bestehen aus Elektronen.

Hier liegt scheinbar ein Widerspruch vor, denn Elektronen sind rot. Bei näherer Betrachtung des Problems, ist folgendes festzustellen: Man betrachte den Weg des Funkens: Gezackt, hin und her, vom Anfang bis zum Ende. Wer im Leben einen solchen Weg zurücklegt, der MUSS ja wohl blau sein - oder ? Nüchterne Elektronen aber sind rot.

### **Die Arten des Stromes.**

- 1. Starkstrom:** Heißt so, weil es unheimlich stark ist, was man mit ihm machen kann.
- 2. Wechselstrom:** Heißt so, weil seine Verwendung häufig wechselt.
- 3. Gleichstrom:** Heißt so, weil es ihm gleich ist, was man mit ihm anstellt.

Nun gibt es noch eine vierte Stromart: Den Drehstrom: Er wird für alles gebraucht, was sich drehen soll, alle größeren Maschinen zum Beispiel.

### **Zur Richtung des Stromflusses.**

Wenden wir uns nun einem Thema zu, das uns alle schon immer beschäftigt hat: In welche Richtung fließt er - der Strom? Nun, wir haben damals gelernt, daß er von PLUS nach MINUS fließen soll. Also, Plus ist mehr als Minus, da sind also viele Elektronen ganz eng beieinander, so wie Menschen bei C & A... Bei Minus sind dann fast gar keine, da ist es ganz leer, wie in der Wüste zum Beispiel.

Nun sollen sich die vielen Elektronen lieber aus dem Gedränge raus in die Wüste begeben. Wo nix ist. Und hier sieht der aufmerksame Betrachter nun die Falschheit dieser Aussage und kommt dahin, was uns die Physiker mit vielen Versuchen eh schon gezeigt haben: Der Strom fließt ja von Minus nach Plus !

Logisch, wer will schon in der Wüste leben ? Und, bei C & A, da ist was los, da gibts was, da sind Menschen, ist Musik, sind schöne Frauen... Also versteht man, warum der Strom fließt, wie er fließt.

**Die Geschwindigkeit des Stromes.**

Übrigens ist der Strom sehr schnell. Man gehe zu einem Lichtschalter und betätige diesen. SOFORT nach Betätigen des Schalters ist er weg oder da, je nachdem, wie man geschaltet hat. Der Strom, und das sagt uns wieder die Physik, ist fast so schnell wie das Licht. Logisch. Denn: Der Strom macht ja das Licht. Und die Wirkung kann ja schließlich nicht schneller seine als sein Ursache.

**Die Lichtgeschwindigkeit als Grenzgeschwindigkeit.**

Das Produkt des Stromes, das Licht, ist sehr sehr schnell. Fahre mit dem Fahrrad los, um dies zu erkennen. Der Dynamo erzeugt Strom, Drehstrom genaugenommen. Dieser erzeugt vorn im Lämpchen das Licht. Und das Licht saust dann runter auf die Straße, wo es ausgeht und dabei einen hellen Fleck macht.

Du kannst so schnell fahren wie Du willst, das Licht ist immer schon da. Beim Auto, Zug oder sogar beim schnellen ICE ist das genauso: Das Licht ist also schneller als alles Andere. Deshalb sagt man, daß Licht das Schnellste überhaupt ist.

**Zur Erzeugung von Licht.**

Wie erzeugt nun der Strom aber in dem Lämpchen das Licht? Nun, die kleinen flinken Elektronen sausen also, angetrieben vom Dynamo, durch den Draht. Dann in das Lämpchen, in welchem sie durch eine Spirale, der Kenner sagt Glühwendel, hindurch müssen. Die ist sehr dünn und eng. Und dazu ist es dunkel, denn sonst wäre der Dynamo ja nicht eingeschaltet worden.

Die vielen kleinen Elektronen knipsen also jedes für sich ihre Taschenlampen an und leuchten sich den Weg. Diese vielen kleinen Lämpchen ergeben zusammen das Licht, welches aus der Glühlampe kommt.

Deshalb leuchtet auch ein normaler, langer Draht nicht. Wo es nur geradeaus geht, da brauchen sie nämlich kein Licht, da rasen sie einfach hinter dem Vordermann her. Nur wenn der Draht sehr dünn ist, oder es zuviele Elektronen sind, dann leuchtet der Draht rot.

**Wirkung der Elektrizität auf den Menschen**

Hier ist ein einfaches Experiment, mit dem man eine wichtige Lektion über Elektrizität lernen kann: An einem kühlen, trockenen Tag schlurfe man mit den Füßen ordentlich über einen Teppich, greife dann mit der Hand in den Mund eines Freundes und berühre eine seiner Zahnplomben. Der Freund zuckt heftig zusammen und schreit vor Schmerz auf.

Man lernt daraus, daß Elektrizität eine sehr mächtige Kraft sein kann, die niemals dafür verwendet werden darf, unseren Mitmenschen Schmerzen zuzufügen, außer wenn man eine wichtige Lektion über Elektrizität lernen muß.

Man erfährt dabei auch, wie ein elektrischer Stromkreis funktioniert. Als wir über den Teppich geschlurft sind, haben wir etliche Elektronen aufgesammelt, äußerst kleine, wie wir mittlerweile wissen rote, Teilchen, die von den Teppichherstellern in die Teppiche eingewoben werden, um Schmutz anzuziehen. Die Elektronen fließen durch den Blutkreislauf und sammeln sich im Finger an, von wo ein Funke zur Zahnfüllung unseres Freundes überspringt. Von dort aus fließen die Elektronen durch seine Füße hinunter und zurück in den Teppich, womit der Stromkreis wieder geschlossen ist.

**Kleine Geschichte der Elektrizität**

Heutzutage sind elektrisches Licht, Radios, Mixer etc. bereits selbstverständlich geworden. Vor

hundert Jahren waren solche Dinge noch völlig unbekannt, was aber nicht weiter schlimm war, da sie nirgendwo eingesteckt werden konnten. Dann kam der erste Pionier auf dem Gebiet der Elektrizität, Benjamin Franklin, der während eines Gewittersturms einen Drachen steigen ließ und dabei einen schweren elektrischen Schlag bekam. Dies beweist, daß Blitze von derselben Kraft angetrieben werden wie Teppiche. Leider wurde Franklins Gehirn dabei so stark in Mitleidenenschaft gezogen, daß er nur noch völlig unverständliche Sprüche von sich gab, wie zum Beispiel „Einen Pfennig gespart, heißt einen Pfennig verdient“. Unter Umständen wurde er dann als Leiter des Postamtes eingestellt.

Nach Franklin kam eine Reihe von Entdeckern und Erfindern, deren Namen in die heutige Terminologie der Elektrotechnik Eingang gefunden haben: Myron Volt, Marie-Louise Ampere, James Watt, Robert Transformator usw.

Alle von ihnen machten wichtige elektrische Experimente. So entdeckte zum Beispiel Luigi Galvani im Jahre 1780, daß, sobald er das Bein eines Frosches mit zwei verschiedenen Metallen in Verbindung brachte, ein elektrischer Strom floss und das Bein des Frosches zuckte, selbst wenn es bereits vom jeweiligen Frosch getrennt war, der ja sowieso schon tot war. Strom fließt also nicht nur durch dünne Drähte, sondern manchmal auch durch Froschbeine.

Galvanis Entdeckung führte zu gewaltigen Fortschritten auf dem Gebiet der Amphibienchirurgie. Heutzutage können fähige Veterinärchirurgen Metallteile in die Muskeln eines schwerverletzten oder gar getöteten Frosches implantieren und zusehen, wie er zurück in den Teich hüpfte. Ganz wie ein normaler Frosch, wenn man davon absieht, daß er wie ein Stein zu Boden sinkt.

Der größte Pionier im Bereich der Elektrizität jedoch war Thomas Alva Edison, ein brillanter Erfinder trotz der Tatsache, daß seine Schulbildung sehr gering war und er in New Jersey lebte. Edisons erste Erfindung war der Phonograph, der bald in tausenden amerikanischer Haushalte zu finden war, wo er im Prinzip bis 1923 blieb, bis die Schallplatte (altes mp3-Format) erfunden wurde. Edisons Meisterstück jedoch war die Erfindung des Elektrizitätswerkes im Jahre 1879. Edisons großartige Idee war die Übertragung des Prinzips des einfachen elektrischen Stromkreises:

Das Elektrizitätswerk sendet Elektrizität über einen Draht zum Kunden und bekommt sie ohne Verzögerung durch einen anderen Draht wieder zurück, um sie anschließend (und das ist der geniale Teil daran) gleich wieder zum Kunden zu schicken. Das heißt, daß ein Elektrizitätswerk dem Kunden dieselbe Elektrizität einige tausend Mal pro Tag verkaufen kann, ohne dabei erwischte zu werden, da sich die wenigsten Kunden die Zeit nehmen, ihre Elektrizität genau anzusehen. Tatsächlich wurde zum letzten Mal in Deutschland im Jahre 1927 neue Elektrizität erzeugt. Seitdem haben die Elektrizitätswerke dieselbe Elektrizität immer und immer wieder verkauft. Dies ist der Grund dafür, warum sie soviel Zeit haben, sich mit Tarifierhöhungen zu beschäftigen.

## **Der Laser**

Dank Pionieren wie Edison oder Franklin und Fröschen, wie dem von Galvani, bietet uns heutzutage die Elektrizität fast unbegrenzte Möglichkeiten. So haben zum Beispiel in den letzten Jahren Wissenschaftler den Laser entwickelt, ein elektrisches Gerät, das einen Lichtstrahl aussendet, der solche Energie besitzt, daß er noch in einer Entfernung von 2000 Metern eine Planierdraupe atomisieren kann, und andererseits so exakt ist, daß Chirurgen damit hochpräzise Arbeiten am menschlichen Auge vornehmen können. Vorausgesetzt, sie vergessen nicht, den Regler von „PLANIERDRAUPE ATOMISIEREN“ auf „MIKROCHIRURGIE“ umzustellen.